

Implementasi Smart Farming 4.0 dengan PLTS Off Grid di Kebun Hidroponik Perpusda Jatim

Eka Winardi ¹, Julius Sentosa Setiadji ², Johan Prasetyo³

¹Program Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra,
ewinardi10@gmail.com

²Prodi Teknik Elektro dan Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121 – 131, Surabaya
julius@petra.ac.id

³Prodi Teknik Elektro Universitas Hang Tuah
Jl. Suko Legok, Sidoarjo
Johanprasetyo17@gmail.com

Abstract— Libraries based on social inclusion have an important role in improving people's welfare by facilitating access to information and creative opportunities. This library transformation also supports sustainable development programs and is a call from the International Federation of Library Associations (IFLA). At this time, traditional agriculture requires large areas of land and high water consumption. Therefore, the development of agricultural technology such as hydroponics with renewable energy is an effective solution. This research develops a Smart Farming 4.0 system with Off Grid PLTS in the East Java Regional Library Hydroponic Garden. This system uses solar panels as the main energy source for pumps for irrigation of hydroponic plants so it does not depend on conventional network electricity. The energy generated by solar panels during the day is directly supplied to the load and stored in the battery for use at night or in bad weather. It is hoped that this research can help people adapt to new systems of agriculture and promote year-round quality agricultural production with a lower negative impact on land and conventional electricity.

Abstrak : Perpustakaan berbasis inklusi sosial memiliki peran penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan memfasilitasi akses informasi dan kesempatan berkarya. Transformasi perpustakaan ini juga mendukung program pembangunan berkelanjutan dan merupakan seruan dari *International Federation of Library Associations* (IFLA). Pada saat ini, pertanian tradisional membutuhkan lahan yang luas dan konsumsi air yang tinggi. Oleh karena itu, pengembangan teknologi pertanian seperti hidroponik dengan energi terbarukan menjadi solusi yang efektif. Penelitian ini mengembangkan sistem *Smart Farming 4.0* dengan PLTS *Off Grid* di Kebun Hidroponik Perpusda Jatim. Sistem ini menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama pompa untuk pengairan tanaman hidroponik sehingga tidak bergantung pada listrik jaringan konvensional. Energi yang dihasilkan panel surya pada siang hari langsung didistribusikan ke beban dan disimpan dalam baterai untuk digunakan pada malam hari atau cuaca buruk. Penelitian ini bertujuan untuk membantu masyarakat beradaptasi dengan sistem baru dalam pertanian dan mendorong produksi pertanian yang berkualitas sepanjang tahun dengan dampak negatif yang lebih rendah terhadap lahan dan energi listrik konvensional.

Kata Kunci— Perpustakaan berbasis inklusi, PLTS Off Grid, Hidroponik

I. PENDAHULUAN

Perpustakaan berbasis inklusi sosial merupakan perpustakaan yang memfasilitasi masyarakat dalam mengembangkan potensinya dengan melihat keragaman budaya, kemauan untuk menerima perubahan serta menawarkan kesempatan kepada masyarakat untuk berkarya. Transformasi perpustakaan berbasis inklusi sosial tidak hanya untuk mempertahankan eksistensi suatu perpustakaan saja, akan tetapi juga merupakan salah satu bentuk dukungan program pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDG) yang dapat mensejahterakan masyarakat. Sebagaimana seruan dari *International Federation of Library Associations* (IFLA) yang meminta kepada semua pihak untuk menjadikan perpustakaan menjadi

mitra dalam rencana pembangunan nasional. Adanya seruan dari IFLA tersebut menjadikan perpustakaan memegang peranan penting untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui ketersediaan akses layanan informasi [1].

Saat ini pertanian tradisional masih menggunakan lahan yang luas dengan penggunaan air yang relatif banyak. Dengan lahan pertanian yang luas pastinya juga membutuhkan pompa untuk dapat mengaliri air dan juga listrik sebagai catu daya dari pompa tersebut. Akan tetapi cara bercocok tanam secara tradisional perlu ditingkatkan dengan pengembangan teknologi pertanian dikarenakan kurang efektif dalam segi kebutuhan lahan, pengairan, dan juga energi listrik sebagai catu daya pompa [2]. Sistem Pertanian secara hidroponik adalah salah satu teknologi pertanian tepat

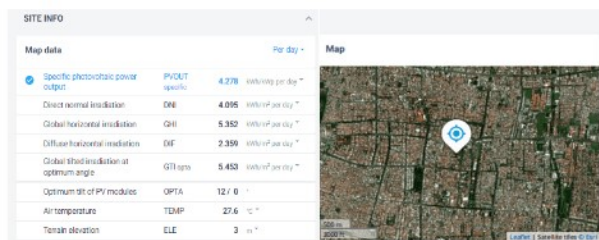
guna dengan menerapkan teknik bercocok tanam tanpa menggunakan tanah. Pemanfaatan hidroponik sangat tepat dengan media tanam air yang menggunakan pompa untuk mengaliri terus dan juga memberikan solusi bagi petani atau masyarakat yang tidak mempunyai ruang atau lahan yang luas [3]. Namun penggunaan pompa air juga menjadi bahan pertimbangan tentunya dikarenakan membutuhkan konsumsi listrik yang cukup tinggi [4].

Tersedianya energi terbarukan yang melimpah, tentunya menjadi hal yang bisa digunakan untuk menerapkan sistem ini. Sumber energi listrik merupakan kebutuhan primer yang berperan mendorong aktivitas kehidupan umat manusia. Energi terbarukan mempunyai sifat terbarukan, bersih, dan berkesinambungan salah satunya bersumber dari energi matahari sebagai sumber energi utamanya. Komponen utama dari energi ini terletak pada panel surya [5].

Berdasarkan permasalahan dari penelitian sebelumnya yang mencoba mengontrol tanaman hidroponik sebagai pengairan serta *monitoring*, namun belum memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber energi listrik maka pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan teknologi pertanian yaitu Mengimplementasikan *Smart Farming 4.0* dengan PLTS *Off Grid* di Kebun Hidroponik Perpusda Jatim, kelebihan dari sistem ini yaitu untuk pengairan pada tanaman hidroponik pompa bisa menggunakan energi alternatif matahari sebagai catu daya utama listriknya tanpa ketergantungan pada listrik jaringan konvensional, dan juga menggunakan baterai sebagai penyimpanan energi yang bisa digunakan kapanpun ketika pada kondisi malam hari atau cuaca buruk. Yang diharapkan pada penelitian ini masyarakat dapat beradaptasi dengan sistem yang baru dalam bertani serta dapat mendorong produk pertanian yang berkualitas sepanjang tahun sehingga dapat mengurangi dampak negatif pertanian seperti kekurangan lahan ataupun energi listrik dan menjadi energi terbarukan terhadap lingkungan.

II. LANDASAN TEORI

Pengimplementasian alat ini dilakukan pada bulan Desember 2022 yang dilaksanakan di Perpusda Jatim dengan koordinat -7.29° Lintang selatan 112.77° E Bujur Timur.



Gambar. 1. Lokasi Perpusda Jatim

Pada perancangan alat ini bertujuan untuk meminimalisir penggunaan alat dan bahan yang tidak sesuai kebutuhan, sehingga hasil alat yang dihasilkan dapat bekerja dengan optimal. Untuk desain perancangan dilakukan menggunakan aplikasi *sketchup pro 2020*. Hasil desain rancangan dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut ini adalah komponen – komponen pendukung yang digunakan untuk merancang sistem PLTS *Off Grid* yang digunakan sebagai suplai energi pompa untuk pengairan hidroponik:

A. PLTS Off Grid

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off Grid* merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari tanpa terhubung dengan jaringan *grid* atau dengan kata lain satu-satunya sumber pembangkitnya yaitu hanya menggunakan radiasi matahari dengan bantuan panel surya atau *photovoltaic* untuk dapat menghasilkan energi listrik [6], sistem PLTS *Off Grid* sendiri biasanya dimanfaatkan untuk daerah yang tidak terjangkau pasokan listrik.

B. Baterai

Berdasarkan aplikasinya maka baterai dibedakan untuk *automotif*, *marine* dan *deep cycle*. *Deep cycle* meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*photovoltaic*) dan *backup power*. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) [7]. Baterai kering *deep cycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu discharge.

C. Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya ke baterai dan *inverter*. Terdapat setidaknya dua jenis *solar controller* yaitu yang menggunakan teknologi PWM (*pulse width modulation*) dan MPPT (*maximum power point tracking*). *Solar controller* PWM akan melakukan pengisian muatan listrik ke baterai dengan arus yang besar ketika baterai kosong, dan kemudian arus pengisian diturunkan secara bertahap ketika baterai semakin penuh. Teknologi ini memungkinkan baterai akan terisi dalam kondisi yang benar-benar penuh tanpa menimbulkan ‘stress’ pada baterai [7]. Ketika sudah penuh *solar controller* ini akan menjaga baterai tetap penuh dengan tegangan *float* tertentu.

D. Inverter

DC to AC Converter atau yang biasa disebut dengan *Inverter* merupakan salah satu komponen utama dalam sistem PLTS. Beban rumah tangga umumnya memiliki rating tegangan AC, sedangkan tegangan keluaran dari panel surya adalah DC. Untuk itu, diperlukan *Inverter* yang dapat merubah tegangan dari tegangan DC keluaran panel surya/baterai menjadi tegangan AC sesuai dengan beban rumah tangga [8]. Ada beberapa jenis *Inverter* yang ada di pasaran berdasarkan mutu daya keluarannya. Ada yang sinus murni (*pure sine wave*) dan *modified square wave*. Untuk sistem PLTS, *Inverter* yang baik digunakan adalah tipe *pure sine wave*. karena *inverter* jenis ini mampu memberikan suplai bagi semua jenis beban.

E. Software PVsyst

PVsyst merupakan paket *software* yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran, dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap. *PVsyst* dikembangkan oleh Universitas Genewa yang terbagi ke dalam sistem terinterkoneksi jaringan (*grid-connected*), sistem berdiri

sendiri (*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (*DC-grid*) [9]. Prediksi energi pada PLTS dengan menggunakan *software PVsyst* bergantung dengan banyak faktor, meliputi: lokasi geografis, modul panel surya, kemiringan panel, dan beban harian yang akan digunakan. Pada simulasi juga akan ditampilkan besaran daya listrik yang diproduksi, besar daya listrik yang dialirkan ke beban pada lokasi, serta rugi-rugi sistem.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini bertujuan untuk menjelaskan tentang proses awal sampai akhir pada saat pengimplementasian proyek ini. Berikut langkah yang telah dilakukan yaitu :

A. Perakitan Peralatan

Pada proses perakitan peralatan harus mempertimbangkan komponen utama beserta penunjang seperti pada Tabel I berikut ini:

TABEL I
KOMPONEN UTAMA DAN PENDUKUNG

	Komponen	Jumlah
1	Panel Surya	8 buah
2	SCC MPPT	1 buah
3	<i>Inverter Pure Sin 500W</i>	1 buah
4	Baterai VRLA 12V-100Ah	4 buah
5	Panel proteksi	1 buah
6	Pompa kolam	3 buah
7	Hidroponik	1 buah
8	Baterai Box	1 buah
9	Aksesoris	1 ls
10	<i>Mounting PV</i>	1 ls

Sebelum proses pengimplementasiannya dilakukan terlebih dahulu persiapan yaitu merakit komponen dan *support mounting* seperti yang dijelaskan berikut ini :

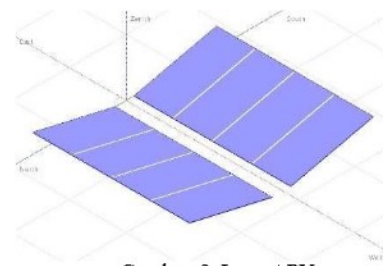
1. Panel Surya

Panel Surya merupakan alat yang digunakan untuk menyerap sinar matahari kemudian menghasilkan arus listrik DC. Pengimplentasian ini menggunakan panel surya sebanyak 8 buah dengan sudut kemiringan 13 derajat dan sudut *azimut* sebesar 0 derajat sebagaimana konfigurasinya ditunjukkan pada Gambar. 2 :

TABEL II
PANEL SURYA

1	Model	SOL-M12150W
2	Jenis	<i>Monocrystalline</i>
3	Unit daya per modul	150Wp
4	Jumlah modul	8
6	Nominal STC	1200Wp
7	Konfigurasi modul	1 string 8 seri
8	Tegangan operasi (V_{mp})	18.1V
9	Arus operasi (I_{mp})	8.29A
10	Tegangan sirkuit terbuka (V_{oc})	22.1A

11	Arus sirkuit singkat (I_{sc})	8.69A
12	Modul Efisiensi	15.1%



Gambar. 2. Layout PV

2. Solar Charge Controller

SCC digunakan untuk mengatur persebaran penggunaan energi listrik dari panel surya maupun baterai. Pada Tabel III dijelaskan spesifikasi dari SCC :

TABEL III
SCC MPPT

1	Model	SCC
2	Jenis	MPPT
3	Tegangan input Nominal	12/24/36/48V
4	Arus maksimal	60 A
5	Jumlah	1 buah

3. Inverter

Inverter berfungsi sebagai konversi dari Listrik arus DC ke arus AC, sehingga dapat digunakan langsung ke pompa air AC maupun beban yang lainnya. *Inverter* ini mempunyai spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel IV berikut :

TABEL IV
INVERTER

1	Model	-
2	Jenis	<i>Pure Sin Wive</i>
3	Tegangan input Nominal	24 V
4	Kapasitas daya maksimal	500Watt
6	Tegangan output Nominal	220V

4. Baterai

Baterai berfungsi sebagai penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan bisa dipakai kapanpun. Tabel V dijelaskan spesifikasi baterai yang digunakan pada sistem PLTS *Off Grid* ini :

TABEL V
BATERAI VRLA

1	Model	SOL12-100
2	Jenis	<i>Lead Acid</i>
3	Tegangan Nominal	12V
4	Arus Nominal	100Ah
6	Daya tahan	10 tahun
7	Berat	29.5kg
8	Tahanan dalam	5 ohm
9	Pengosongan arus maksimal	1200A(5S)
10	jumlah	4 buah

5. Mounting Panel Surya

Yaitu kerangka yang terbuat dari besi *hollow galvanis* yang digunakan sebagai tumpuan penempatan panel surya.

Pada proyek ini menggunakan *custom mounting*, *hollow galvanis finish* antirarat 40x60x1.5cm.

6. Panel Box Proteksi

Merupakan tempat penyimpanan komponen proteksi seperti MCB, Fuse, dan SPD Agar terhindar dari hujan ataupun paparan sinar matahari secara langsung.

7. Pompa Air

Pompa berfungsi sebagai alat yang mengalirkan air dari kolam melalui pipa air menuju pipa PVC hidroponik, sehingga akan mengalami sirkulasi air setiap saat. Pada pompa air yang digunakan memiliki spesifikasi yang disajikan pada Tabel VI :

TABEL VI
POMPA AIR

1	Model	HKP 105
2	Jenis	Pompa AC
3	Tegangan input Nominal	220VAC
4	Daya	45 watt
5	head	3 meter
6	Daya alir	3200 L/H
7	Jumlah pompa	3 buah

8. Aksesoris

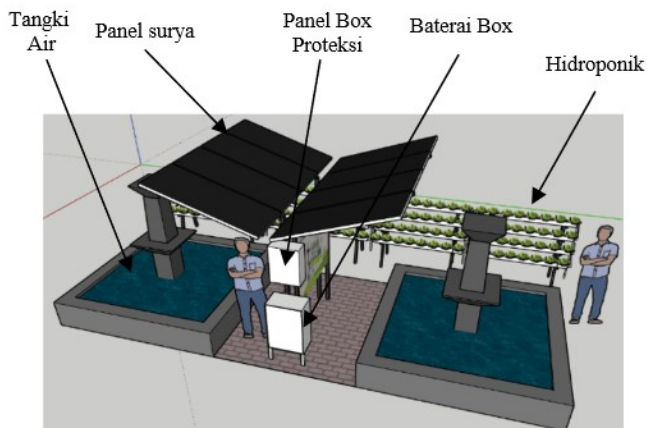
Aksesoris berfungsi untuk menghubungkan instalasi pada komponen komponen terkait seperti kabel instalasi, kabel baterai, kabel grounding, kabel duck, kabel ties, dll.

9. Box Baterai

Berfungsi untuk melindungi baterai. Didalam box baterai terdapat MCB DC proteksi baterai, *plate* 1,2 mm *finish* anti karat.

10. Kerangka Hidroponik

Difungsikan sebagai wadah tanaman, air, dan pupuk dengan menggunakan Pipa PVC 2,5 inch dengan total 250 lubang, dan tangki nutrisi.



Gambar. 3. Desain Perancangan Hidroponik dengan sistem PLTS Off Grid



Gambar. 4. Panel surya 150WP type *monocrystalline*



Gambar. 5. Bekisting cor untuk kaki mounting panel surya



Gambar. 6. Kerangka besi untuk penyangga pipa PVC hidroponik



Gambar. 7. Kerangka besi hollow untuk penyangga panel surya

B. Hasil dan Pengujian

Pada hasil pengimplementasian dapat dilihat hasil akhir dari proyek ini dan hasil simulasi dengan menggunakan *software PVsyst 7.2* yang disajikan berikut ini:



Gambar. 8. PLTS Off Grid dengan Hidroponik

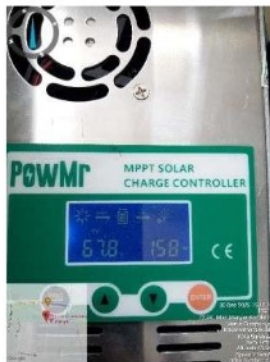


Gambar. 9. PLTS Off Grid, Panel box proteksi, dan Box baterai



Gambar. 10. PLTS Off Grid tampak atas

Berikut merupakan hasil dari pengujian tiap-tiap komponen yang telah dilaksanakan. Pengujian ini untuk memastikan bahwa komponen hidroponik dan PLTS *Off Grid* telah terpasang dan dapat bekerja dengan baik.



Gambar. 11. Display monitoring nilai output PV

Pada Gambar 11. Menunjukkan nilai tegangan yang diperoleh 8 unit panel surya sebesar 67,8 V dengan daya total 158 watt.



Gambar. 12. Display Monitoring baterai

Pada siang hari panel surya dapat menyuplai energi listrik ke beban/pompa air dan baterai. Sedangkan baterai digunakan sebagai cadangan sumber energi pada saat malam hari. Ditunjukkan pada monitoring SCC tersebut baterai mempunyai tegangan 26,6v dan arus 6,3a.

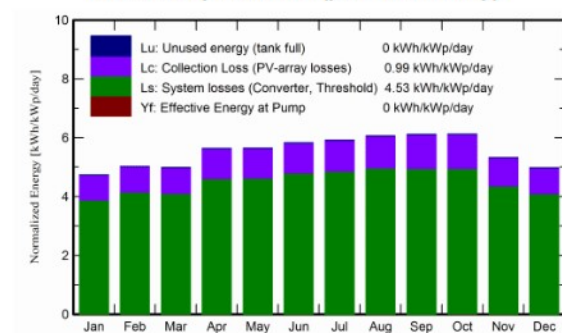


Gambar. 13. Pengujian output tegangan dari inverter

Pengujian tegangan output dari sistem ini bertujuan untuk mengetahui hasil nilai konversi dari arus DC setelah masuk melalui *inverter* apakah sudah berhasil menjadi arus AC. Pada pengukuran menggunakan alat ukur *AVO* nilai output yang diperoleh yaitu 228 VAC, jadi daya keluaran dari PLTS *Off Grid* ini bisa langsung digunakan oleh beban.

Berikut ditampilkan Gambar 14 hasil dari simulasi menggunakan *software PV Syst 7.2* yaitu:

1. Penggunaan normal per kWh Normalized productions (per installed kWp)

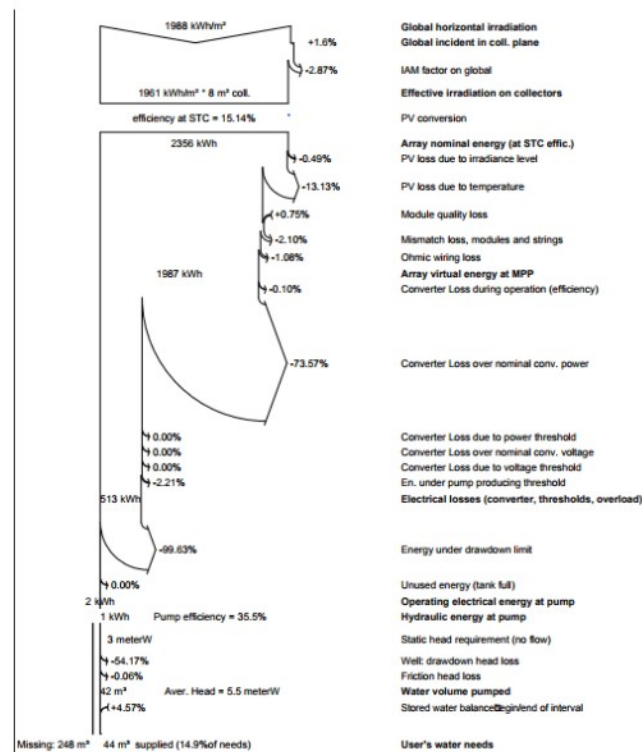


Gambar. 14. Produksi energi yang dihasilkan PLTS

Pada Gambar 14. Ditunjukkan bahwa sistem penggunaan normal panel surya beroperasi dengan tingkat rugi-rugi daya sebesar 0.99 kWh/kWp/hari. Sistem ini menggunakan *inverter* dengan ambang batas *losses* sebesar

4.53 kWh/kWp/hari. Pada simulasi dengan software *PV Syst* mencatat bahwa energi puncak terjadi pada bulan Agustus dan September.

2. Diagram losses



Gambar. 15. Gambar diagram Losses system

Diagram *losses* pada Gambar 15 menggambarkan proses penyerapan daya dari panel surya hingga daya yang digunakan oleh motor untuk menggerakkan pompa air, dan akibatnya menghasilkan jumlah air yang bergerak/bersirkulasi. Dalam sistem ini, global iradiasi yang diterima adalah sebesar 1988 kWh/m². Dari jumlah tersebut, panel surya menyerap sekitar 1961 kWh/m² dengan tingkat efisiensi sebesar 15.14%.

Pada penggunaan panel surya dalam sehari, rata-rata energi yang dihasilkan adalah sekitar 2356 kWh. Namun, sistem mengalami kehilangan daya, sehingga jumlah energi tersebut berkurang menjadi 1967 kWh. Selanjutnya, sistem mengalami *losses* yang disebabkan oleh konverter *inverter*, yang menghasilkan 513 kWh.

Dari total daya yang dihasilkan, hanya 2 kWh yang digunakan untuk menggerakkan pompa air. Efisiensi pompa air dalam mengonversi daya tersebut adalah sekitar 35.5%. Selain itu, rata-rata tekanan pompa air mencapai 5.5 meterW.

Dengan demikian, melalui proses ini, sistem mampu menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan pompa air dengan efisiensi dan tekanan yang telah disebutkan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan:

Berdasarkan informasi yang disajikan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perpustakaan berbasis inklusi sosial memiliki peran penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui akses layanan informasi yang inklusif.
2. Pertanian tradisional masih membutuhkan pengembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan lahan, pengairan, dan energi listrik.
3. Sistem pertanian hidroponik merupakan solusi yang tepat dalam mengatasi keterbatasan lahan dan memanfaatkan energi terbarukan, seperti energi surya.
4. Implementasi *Smart Farming 4.0* dengan *PLTS Off Grid* pada kebun hidroponik merupakan pengembangan teknologi pertanian yang menggabungkan energi terbarukan untuk pengairan tanaman.
5. Komponen-komponen yang digunakan dalam sistem *PLTS Off Grid* antara lain panel surya, baterai, solar charge controller, inverter, pompa air, dan aksesoris lainnya.
6. Proses perakitan dan pengujian komponen dilakukan untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik dan optimal.
7. Hasil implementasi proyek *PLTS Off Grid* dengan hidroponik menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat memenuhi kebutuhan pengairan dan mendukung pertanian sepanjang tahun.

Saran:

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Mendorong perpustakaan untuk terus mengembangkan layanan inklusif dan memanfaatkan teknologi informasi yang lebih canggih guna memberikan akses informasi yang lebih luas kepada masyarakat.
2. Peningkatan pemahaman dan kesadaran masyarakat mengenai manfaat energi terbarukan dan pentingnya penerapannya dalam berbagai sektor, termasuk pertanian.
3. Mendorong pengembangan teknologi pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan, seperti sistem hidroponik dan penggunaan energi terbarukan, untuk mengurangi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan.
4. Perlu dilakukan pengembangan proyek *PLTS Off Grid* dengan hidroponik serta memanfaatkan energi bersih dari matahari sebagai sumber daya energi listrik untuk sistem pengairannya sehingga mampu mengurangi ketergantungan pada listrik jaringan konvensional dan keterbatasan lahan sehingga dapat menghasilkan pertanian yang lebih berkelanjutan dan modern.
5. Perlu pengembangan kerjasama antara pihak-pihak terkait, seperti perpustakaan, petani, dan pemerintah, dalam mengimplementasikan proyek yang mendukung

pembangunan berkelanjutan dan kesejahteraan masyarakat.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudarmin. (2023). Kinerja Perpustakaan Dalam Transformasi Berbasis Inklusi Sosial Pada Dinas Perpustakaan Dan Kearsipan Kabupaten Enrekang *(Jurnal Magister Manajemen Nobel Indonesia)*. Tersedia: <https://ejurnal.nobel.ac.id/index.php/JMMNI/article/view/3726>
- [2] Mardiyono, M., Ariyono, S., Wasito, E., dan Handoko, S. (2018). Pemanfaatan Teknologi Konversi Energi Surya untuk Hidroponik Pada SMP Alam Ar Ridho. *Jurnal DIANMAS*, 7 (1): 19-26. Tersedia: <http://www.jurnaldianmas.org/index.php/Dianmas/article/view/82>
- [3] Kusumo, B., & Azis, N. (2021). Rancang Bangun Alat Penyiram Sayuran Hidroponik Menggunakan Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(1), 124-128. Tersedia: <http://www.ejurnal.stmikbudidarma.ac.id/index.php/mib/article/view/2584>
- [4] E. Blancaflor, K. N. U. Banganay, K. E. Fernandez, J. N. D. Jamena, R. S. C. Rabanal and S. L. G. Zamora, "An IoT Monitoring System Designed for Hydroponics Plant Cultivation," 2022 5th International Conference on Computing and Big Data (ICCBD), Shanghai, China, 2022, pp. 102-106, doi: 10.1109/ICCBD56965.2022.10080839. Tersedia: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10080839>
- [5] Honora, P. (2018). *Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Penggerak Pompa Air Dc Pada Tanaman Hidroponik (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara)*. Tersedia: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/10173>
- [6] Hasanah, A. W., Koerniawan, T. and Yuliansyah, Y. (2019) "Kajian Kualitas Daya Listrik Plts Sistem Off-Grid Di Sst-Pln", *Energi & Kelistrikan*, 10(2), pp. 93-101. doi: 10.33322/energi.v10i2.211. Tersedia: <https://jurnal.itpln.ac.id/energi/article/view/211>
- [7] Naim, M. (2020). Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Loeha Kecamatan Towuti. *Vertex Elektro*, 12(1), 1725. Tersedia: <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/vertex/article/view/4013>
- [8] Afandi, A. N., et all (2021). Rancang Bangun Off-Grid System Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Modul Pembelajaran Bagi Mahasiswa Universidade Oriental De Timor Lorosa'e (UNITAL). *Prosiding SNAPP*, 349-359. Tersedia: <https://ejournalwiraraja.com/index.php/SNAPP/article/view/1776>
- [9] Monika, D., Muchlishah, Nadhiroh, N. ., Z, I., Mulyadi, W. H., & Mutiar. (2023). Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 Wp Menggunakan Software Pvsyst. *ELECTRICES*, 5(1), 36-43. Tersedia: <https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/electrices/article/view/5649>

